

Homogenizing filter for optical radiation field of illumination beam path in microscope

Publication number: DE19832665

Publication date: 2000-01-27

Inventor: WEIS ALBRECHT (DE)

Applicant: LEICA MICROSYSYSTEMS (DE)

Classification:

- international: **G02B5/02; G02B27/09; G02B5/02; G02B27/09; (IPC1-7): G02B21/06; G02B5/22**

- European: **G02B27/09H; G02B5/02; G02B27/09; G02B27/09S4**

Application number: DE19981032665 19980721

Priority number(s): DE19981032665 19980721

Also published as:



WO0005606 (A3)

WO0005606 (A2)

[Report a data error here](#)

Abstract of DE19832665

The filter (6) is designed so that a uniform or nonuniform pattern of opaque surface elements (13) is applied on a transparent substrate (12). The part of the substrate surface covered with surface elements and the transmission degree of the homogenizing filter is differentiated in different surface regions of the homogenizing filter. The part of the substrate surface covered with the surface elements, decreases or increases radially, continuously towards its edge. An Independent claim is included for a method for manufacturing the filter.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



⑮ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 32 665 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:
G 02 B 21/06
G 02 B 5/22

⑦① Aktenzeichen: 198 32 665.3
⑦② Anmeldetag: 21. 7. 1998
⑦③ Offenlegungstag: 27. 1. 2000

DE 198 32 665 A 1

⑦① Anmelder:
Leica Microsystems Wetzlar GmbH, 35578 Wetzlar,
DE

⑦② Erfinder:
Weiß, Albrecht, Dr., 35440 Linden, DE

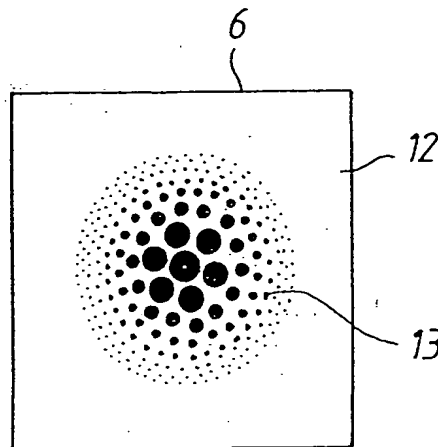
⑤⑥ Entgegenhaltungen:
DE 195 13 350 A1
DE 43 03 028 A1
WO 94 07 170 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

④ Homogenisierungsfilter für ein optisches Strahlungsfeld

⑤ Es wird ein Homogenisierungsfilter (6) für ein optisches Strahlungsfeld eines Beleuchtungsstrahlengangs (2) angegeben, welches in Zusammenwirken mit einer Streuscheibe (9) eine Homogenisierung einer Lichtintensität in einer Bildebene erzielt. Es besteht aus einem transparenten Substrat (12), auf das ein Raster aus lichtundurchlässigen Flächenelementen (13) aufgebracht ist. Das Homogenisierungsfilter (6) wird beispielsweise in einem Auflicht- oder Durchlicht-Beleuchtungsstrahlengang (2) eines Mikroskops in einer zur Bildebene konjugierten Lage, z. B. in der Nähe des Kollektors (5), eingesetzt. Eine üblicherweise in der Aperturblendenebene vorhandene Streuscheibe (9) wird ausgenutzt, um die von den Flächenelementen (13) erzeugten Schatten im Beleuchtungsstrahlengang (2) zu verwischen. Durch Variation des Flächenverhältnisses zwischen unbedampfter und bedampfter Substratfläche können an jeder beliebigen Stelle des Homogenisierungsfilters (6) gewünschte lokale Transmissionswerte erzeugt und damit sowohl radiale als auch nicht-rotationssymmetrische Inhomogenitäten ausgeglichen werden.



DE 198 32 665 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Homogenisierungsfilter für ein optisches Strahlungsfeld entsprechend den Merkmalen des Oberbegriffs des unabhängigen Patentanspruchs 1 und ein zu seiner Herstellung geeignetes Verfahren.

Die Bildqualität optischer Systeme, z. B. eines Projektors oder eines Mikroskops, wird neben den Abbildungseigenschaften wesentlich durch seine Beleuchtungseinrichtung beeinflusst. In Mikroskopen mit üblichen Beleuchtungseinrichtungen z. B. unter Verwendung von Halogenquarzlampen weist der Intensitätsverlauf in der Bildebene häufig einen Intensitätsabfall zum Rand hin auf. Je nach Aufbau des optischen Systems gibt es auch den Fall, daß das Bildfeld mit einer dunkleren Mitte und einem helleren Rand erscheint. Dies gilt sowohl für Bildfelder, die visuell betrachtet werden als auch solche, die beispielsweise fotografisch oder mit einer Videokamera ausgewertet werden.

Je nach Zielsetzung des Anwenders kann es beispielsweise von Vorteil sein, die maximale Intensität in der Mitte des Beleuchtungsstrahls für spezielle Beobachtungen auszunutzen. In der Regel wünschen die Anwender hingegen eine möglichst gleichmäßige Ausleuchtung über das gesamte Sehfeld hinweg.

Für diesen Fall ist es bekannt, in eine Beleuchtungseinrichtung ein sogenanntes Grauverlauf-Filter einzusetzen. Dieses weist einen bezüglich seiner Mitte rotationssymmetrischen radialen Grauverlauf auf, bei dem der Absorptionsgrad des Filters von der Mitte zum Rand hin abnimmt. Wird nun dieses Grauverlauf-Filter zentral in einen Beleuchtungsstrahlengang mit zum Rand des Bildfelds abfallender Lichtintensität eingefügt, wird eine Homogenisierung der Intensität über das gesamte Bildfeld erzeugt.

Diese bekannten radialen Grauverlauf-Filter lassen sich in einer Aufdampfanlage herstellen, indem ein lichtdurchlässiges Substrat mit einer teilweise reflektierenden oder absorbierenden Aufdampfschicht belegt wird. Während des Aufdampfvorgangs wird vor der Substratscheibe eine Schlitzblende gedreht, wobei die Drehung um die Mitte der Substratscheibe erfolgt und die Blende das Substrat von der Mitte bis zum Rand hin überdeckt. Da nach außen hin die Drehgeschwindigkeit des Schlitzes vor dem Substrat zunimmt, wird am Rand des Substrats weniger absorbierendes Material pro Flächenelement aufgedampft als in der Mitte. Über die Wahl der Schlitzform läßt sich der Absorptionsverlauf der aufgedampften Schicht zum Rand hin verändern.

Eine andere Möglichkeit zur Herstellung des Grauverlauf-Filters besteht darin, daß man in der Aufdampfanlage vor dem Substrat eine Irisblende anordnet und diese während des Aufdampfvorgangs langsam aufzieht. Dadurch wird der Rand des Substrats weniger bedampft als die Mitte.

Der Nachteil beider Herstellungsverfahren liegt in der Verwendung bewegter Teile in der Aufdampfanlage. So erzeugen grundsätzlich alle bewegten Teile mechanischen Abrieb, der bei einem Aufdampfvorgang zu einer unerwünschten Verunreinigung des Substrats und der Aufdampfanlage führt. Für eine wirtschaftliche Fertigung der Grauverlauf-Filter ist eine aufwendige Mechanik erforderlich, die es gestattet mehrere Substrate gleichzeitig zu bedampfen. Eine solche mechanische Vorrichtung ist in der Anschaffung sehr teuer und zieht hohe Folgekosten nach sich. So entstehen hohe Rüstzeiten zum Einlegen der Substrate und zur Justierung der Substrate gegenüber den einzelnen Schlitzblenden oder Irisblenden. Auch die Reinigung des aufwendigen mechanischen Systems ist sehr zeitintensiv.

Die hohen Anschaffungskosten der Herstellungsanlagen und der hohe Zeiteinsatz bei der Herstellung führen dazu, daß Grauverlauf-Filter sehr teuer sind. Außerdem können

mit derartigen Grauverlauf-Filtern nur rotationssymmetrische Inhomogenitäten der Lichtintensität in der Bildebene ausgeglichen werden. Beispielsweise lassen sich damit streifenförmige Abschattungen im Bildfeld nicht beeinflussen.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Homogenisierungsfilter für eine Beleuchtungseinrichtung anzugeben, welches einfach und preiswert herzustellen ist. Es soll eine sehr gute Homogenisierung des Intensitätsverlaufs im Bildfeld bewirken und auch an nicht-rotationssymmetrische Intensitätsverläufe anpaßbar sein.

Diese Aufgabe wird bei einem Homogenisierungsfilter der eingangs genannten Art erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Merkmalen der Unteransprüche.

Das erfindungsgemäße Homogenisierungsfilter besteht aus einem transparentem Substrat, auf das ein Raster aus kleinen lichtundurchlässigen Flächenelementen aufgebracht ist, beispielsweise einem aufgedampften oder aufgesputterten Punktraster. Das Flächenverhältnis zwischen bedampfter und unbedampfter Substratfläche bestimmt den Transmissionsgrad des Homogenisierungsfilters.

Ein radialer Verlauf des Transmissionsgrades wird beispielsweise zum Ausgleich eines Intensitätsabfalls von der Mitte zum Rand des Bildfelds benötigt. Ein solcher Transmissionsgrad wird erzeugt, indem in der Mitte des Homogenisierungsfilters der Anteil der bedampften Substratfläche größer ist als zum Rand hin. Liegt dagegen ein Bildfeld mit dunkler Mitte und hellerem Rand vor, wird das Homogenisierungsfilter so bedampft, daß der Anteil der bedampften Substratfläche von der Mitte zum Rand hin zunimmt.

Selbst bei nicht-rotationssymmetrischen Intensitätsverläufen, beispielsweise streifenförmigen Abschattungen, kann das Profil des Transmissionsgrades des Homogenisierungsfilters exakt der über das Sehfeld des Mikroskops unterschiedlichen Intensität angepaßt werden. Dazu werden den helleren Flächen des Bildfelds entsprechend absorbierende Flächen des Homogenisierungsfilters, im genannten Beispiel also stärker absorbierende Streifen des Homogenisierungsfilters, zugeordnet. Beim Einbau eines solchen nicht-rotationssymmetrischen Homogenisierungsfilters muß dann die Orientierung des Homogenisierungsfilters im Strahlengang richtig vorgenommen werden.

Auf diese Weise wird mit dem erfindungsgemäßen Homogenisierungsfilter für die unterschiedlichsten Intensitäts-Inhomogenitäten im Beleuchtungs- und Abbildungsstrahlengang eine optimale Homogenisierung der Lichtintensität über das gesamte Bildfeld erzielt.

Ein Einsatzgebiet des erfindungsgemäßen Homogenisierungsfilters ist beispielsweise die Verwendung in einem Beleuchtungsstrahlengang eines Mikroskops, sowohl im Auflicht als auch im Durchlicht. Das Homogenisierungsfilter wird dabei in einer zur Bildebene konjugierten Ebene angeordnet. So wird es beispielsweise in einer bekannten Mikroskop-Beleuchtungseinrichtung mit einer Lichtquelle und davon ausgehend einem Beleuchtungsstrahlengang durch einen Kollektor in der Nähe dieses Kollektors angeordnet. Eine üblicherweise in der Aperturebene des Mikroskops angeordnete Streuscheibe wird ausgenutzt, um die durch die aufgedampften Flächenelemente erzeugte mikroskopische, lokale Abschattung im Beleuchtungsstrahlengang zu verwischen.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der schematischen Zeichnung näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1a ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Homogenisierungsfilters mit kontinuierlich radial zum Rand ansteigender Transmission;

Fig. 1b ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Homogenisierungsfilters mit kontinuierlich radial zum Rand abfallender Transmission;

Fig. 1c ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Homogenisierungsfilters mit stufenweise radial zum Rand ansteigender Transmission mit unterschiedlich großen Flächenelementen;

Fig. 1d ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Homogenisierungsfilters mit stufenweise radial zum Rand ansteigender Transmission mit gleich großen Flächenelementen;

Fig. 1e ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Homogenisierungsfilters mit Streifen gleicher Transmission;

Fig. 2 Beleuchtungseinrichtung für ein Mikroskop mit einem erfindungsgemäßen Homogenisierungsfiler; -

Fig. 3 Verlauf der Lichtintensität im Bildfeld eines Mikroskops ohne Homogenisierungsfiler;

Fig. 4 radialer kontinuierlicher Transmissionsverlauf eines auf die Lichtintensität in Fig. 3 abgestimmten Homogenisierungsfilters;

Fig. 5 Verlauf der homogenisierten Lichtintensität im Bildfeld aus Fig. 3 durch Verwendung eines Homogenisierungsfilters mit einer Transmission wie in Fig. 4.

Fig. 1a zeigt ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Homogenisierungsfilters 6. Es besteht aus einem transparentem Substrat 12, auf das ein Raster aus separaten, kleinen Flächenelementen 13 aus einem lichtundurchlässigen Material z. B. durch Aufdampfen oder Sputtern aufgebracht sind. Die Flächenelemente 13 sind vergrößert dargestellt. Je nach verwendeten Aufdampfmaterial reflektieren oder absorbieren sie das auftreffende Licht möglichst vollständig. Die Form und Anordnung der Flächenelemente 13 sind beliebig, sofern sie gewünschten Transmissionswerte erzeugen.

Das Substrat 12 ist in unterschiedlichen Flächenbereichen des Homogenisierungsfilters 6 in unterschiedlichem Maß mit Flächenelementen 13 bedeckt. Dadurch ergeben sich lokal unterschiedliche Transmissionsgrade. Deren Anpassung an ein inhomogenes optisches Strahlungsfeld erfolgt beispielsweise, indem in den verschiedenen Flächenbereichen verschieden große Flächenelemente 13 mit ungefähr oder genau gleichem Rastermaß aufgebracht sind. Eine andere Möglichkeit besteht darin, gleich große Flächenelemente 13 mit unterschiedlichem Rastermaß, also mit unterschiedlicher Dichte, auf dem Substrat 12 anzuordnen.

In dem Beispiel in Fig. 1a wird die Anpassung dadurch erreicht, daß die Flächenelemente 13 von der Mitte des Homogenisierungsfilters 6 zu seinem Rand hin kontinuierlich kleiner gewählt sind. Das Flächenverhältnis zwischen unbedampfter und bedampfter Substratfläche weist einen kontinuierlich radialen Verlauf auf, so daß sich ein kontinuierlich radialer Transmissionsverlauf ergibt. Daher nimmt die unbedampfte Substratfläche von der Mitte des Homogenisierungsfilters 6 zu seinem Rand hin zu. Der dadurch erzielte radiale Verlauf des Transmissionsverhaltens des Homogenisierungsfilters 6 ist in diesem Beispiel exakt an eine zu korrigierende, kontinuierlich radiale Licht-Inhomogenität in dem optischen Strahlungsfeld eines Beleuchtungsstrahlengangs angepaßt, bei der das zugehörige Bildfeld ohne das Homogenisierungsfiler 6 in der Mitte heller erscheint als am Rand.

Fig. 1b zeigt ein Homogenisierungsfiler 6 mit gegenüber Fig. 1a umgekehrtem radialem Verlauf des Transmissionsverhaltens, d. h. die Transmission nimmt von innen nach außen ab. Die Größe der Flächenelemente 13 ist von der Mitte zum Rand des Homogenisierungsfilters 6 kontinuierlich größer gewählt. Dieses Homogenisierungsfiler 6 eignet sich

zur Homogenisierung eines optischen Strahlungsfelds, das in der Mitte eines zugeordneten Bildfeldes eine geringere Lichtintensität liefert an seinem Rand.

Ist jedoch der Verlauf der zu korrigierenden Licht-Inhomogenität im Bildfeld weniger kontinuierlich, sondern z. B. radial abgestuft, so kann der Verlauf der Transmission des Homogenisierungsfilters 6 entsprechend in Stufen gestaltet werden. So zeigt Fig. 1c beispielsweise ein solches Homogenisierungsfiler 6 mit vier konzentrischen Flächenbereichen mit stufenweise von der Mitte zum Rand ansteigender Transmission. Die Flächenbereiche bestehen aus einem zentralen Kreis 14 und umliegend konzentrischen Kreisringen 15 mit jeweils gleich großen Flächenelementen 13. Die Flächenbereiche sind in der Zeichnung lediglich zur Verdeutlichung durch Hilfslinien getrennt, die aber nicht mit aufgedampft sind. Der Kreis 14 und die einzelnen Kreisringe 15 weisen jeweils eine unterschiedliche Transmission auf. Die Abstufung der Transmissionswerte und die Größe der zugehörigen Flächenbereiche 14, 15 ist auf die zu korrigierende Inhomogenität des zugeordneten optischen Strahlungsfelds angepaßt.

Unterschiedliche Transmissionsgrade in verschiedenen Flächenbereichen eines erfindungsgemäßen Homogenisierungsfilters 6 können nicht nur durch verschieden große aufgebrachte Flächenelemente 13 erzielt werden. Vielmehr können sie auch dadurch erreicht werden, daß gleich große Flächenelemente 13 aufgebracht werden und die Dichte dieser Flächenelemente 13, d. h. die Abstände zwischen den Flächenelementen 13, auf dem Homogenisierungsfiler 6 lokal unterschiedlich ist.

So sind in einem weiteren, in Fig. 1d dargestellten Ausführungsbeispiel eines Homogenisierungsfilters 6 die Flächenelemente 13 auf dem gesamten Substrat 12 gleich groß. Auch dieses Homogenisierungsfiler 6 zeichnet sich durch einen radialen, gestuften Transmissionsverlauf aus. Es weist einen mittigen Kreis 14 und umliegend konzentrische Kreisringe 15 mit jeweils gleicher Dichte der Flächenelemente 13 auf. Das entstandene Muster ist dabei unerheblich. Entscheidend für den lokalen Transmissionsgrad ist jeweils das Flächenverhältnis zwischen bedampfter und unbedampfter Substratfläche im Kreis 14 bzw. in den Kreisringen 15. Damit wird der Transmissionsverlauf des Homogenisierungsfilters 6 exakt auf die zu korrigierende, hier rotationssymmetrisch gestufte Inhomogenität der Lichtintensität in der Bildebene angepaßt, so daß die erzielte Bildfeldausleuchtung homogen ist.

Mit dem erfindungsgemäßen Homogenisierungsfiler 6 können grundsätzlich beliebig geartete Inhomogenitäten in einem optischen Strahlungsfeld ausgeglichen werden, also nicht nur rotationssymmetrische. Als Beispiel zeigt Fig. 1d ein Homogenisierungsfiler 6 für ein optisches Strahlungsfeld mit einer streifenförmigen Aufhellung. Entsprechend ist das Substrat 12 des Homogenisierungsfilters 6 so mit Flächenelementen 13 belegt, daß als Flächenbereiche parallele Streifen 16 mit jeweils gleicher lokaler Transmission vorhanden sind. Die Streifen 16 sind jeweils mit gleich großen Flächenelementen 13 bedeckt, deren Größe von Streifen zu Streifen unterschiedlich ist. Der mittlere Streifen 16 besitzt die geringste Transmission. Zu beiden Seiten nimmt die Transmission der angrenzenden Streifen 16 jeweils zu.

Die Herstellung des erfindungsgemäßen Homogenisierungsfilters 6 erfolgt einfach und preiswert beispielsweise durch Aufdampfen der Flächenelemente 13, wobei keinerlei bewegte Teile in der Aufdampfanlage erforderlich sind. So kann die Aufdampfung beispielsweise unter Verwendung einer vor dem Substrat 12 platzierten, gelochten Schablone erfolgen. Obwohl eine solche gelochte Schablone nur relativ große Löcher aufweist und dementsprechend auch nur grö-

Bere Flächelemente 13 aufgedampft werden können, erweist sich dieses Verfahren als praktikabel. Denn die von einem solchen Homogenisierungsfiler 6 erzeugten lokalen Abschattungen in der Bildebene werden durch eine Streuscheibe, die in der Regel ohnehin bereits in der Aperturbblendenebene vorhanden ist, gleichmäßig verwischt. Damit ist es möglich, das Homogenisierungsfiler 6 in den unterschiedlichsten Beleuchtungsstrahlengängen einzusetzen.

Eine andere Form der Herstellung besteht darin, die benötigte Schablone photolithografisch zu erzeugen. Dazu wird Fotolack auf das Substrat 12 aufgebracht, an den Stellen für die gewünschten Flächelemente 13 belichtet und die belichteten Stellen abgelöst. Durch die so erhaltenen "Löcher" der photolithografisch erzeugten Schablone können dann die gewünschten Flächelemente 13 aufgedampft werden. Mit dem beschriebenen photolithografischen Verfahren lassen sich wesentlich kleinere Flächelemente 13 als unter Verwendung einer konventionell gelochten Schablone erzeugen. Dies kann zum Beispiel von Vorteil sein, wenn man den Transmissionsverlauf sehr feinfühlig an ein vorhandenes Licht-Inhomogenitätsprofil in der Bildebene anpassen muß. Hier zeigt sich, daß mit dem neuen Homogenisierungsfiler 6 eine bessere Anpassung an ein vorhandenes, beliebig symmetrisch oder unsymmetrisch verteiltes Intensitätsprofil im Bildfeld erzielt werden kann als mit herkömmlichen Grauverlauf-Filtern.

Die preiswerteste Art der Herstellung eines erfindungsgemäßen Homogenisierungsfilters 6 ist, eine bedruckbare, transparente Folie als Substrat 12 zu verwenden und darauf mit schwarzer Farbe ein Raster aus Flächelementen 13 manuell oder im Druckverfahren aufzubringen. Dies kann z. B. in einfacher Weise mit einem Personal Computer unter Ausnutzung eines Grafikprogramms erfolgen, mit dem die gewünschten Flächelemente, Flächenbereiche und das gewünschte Raster erzeugt werden. Die Flächelemente 13 werden dann mit einem an dem Computer angeschlossenen Drucker auf die Folie gedruckt. Es ist auch denkbar, sie zunächst auf Papier auszudrucken und dann durch Kopieren auf eine transparente Folie zu übertragen.

Fig. 2 zeigt als Verwendungsbeispiel das erfindungsgemäße Homogenisierungsfiler 6 in einer Beleuchtungseinrichtung für ein Mikroskop. Von einer Lichtquelle 1 mit einer Lampenwendel 4 geht ein Beleuchtungsstrahlengang 2 mit einer optischen Beleuchtungsachse 3 aus. Alternativ kann auch eine andere Lichtquelle, beispielsweise mit einem Entladungsbogen anstelle einer Lampenwendel, verwendet werden.

Im Beleuchtungsstrahlengang 2 sind nacheinander ein Kollektor 5 und dicht danach ein erfindungsgemäßes Homogenisierungsfiler 6 mit aufgebrachten Flächelementen 13 angeordnet. Danach folgen ein erstes Linsenglied 7 und eine Aperturbblende 8. In der Aperturbblendenebene ist eine Streuscheibe 9 angeordnet, welche die von dem Homogenisierungsfiler 6 erzeugten feinen lokalen Abschattungen zu einem homogenen Intensitätsprofil verwischt. Abschließend ist ein zweites Linsenglied 10 angeordnet.

Mit diesem Beleuchtungsstrahlengang 2 wird die Lampenwendel 4 der Lichtquelle 1 in die Ebene der Aperturbblende 8 und das Homogenisierungsfiler 6 in die Leuchtfeldblendenebene 11 abgebildet. Das Intensitätsprofil in der Leuchtfeldblendenebene 11 bzw. entsprechend in der Bildebene kann durch geeignete Flächenbelegung des Homogenisierungsfilters 6 mit lichtundurchlässigen Flächelementen 13 beliebig beeinflusst werden. Die Glättung des Profils erfolgt jeweils durch die Streuscheibe 9.

Fig. 3 stellt einen Verlauf der Lichtintensität in einer Bildebene dar, den ein vom Stand der Technik bekannter Beleuchtungsstrahlengang eines Mikroskops ohne ein Grauer-

verlauf-Filter und ohne die Einfügung des erfindungsgemäßen Homogenisierungsfilters 6 erzeugen würde. Die Lichtintensität hat in der Bildmitte, d. h. auf der optischen Beleuchtungsachse 3, ein Maximum und sinkt zum Rand des Sehfeldes ab.

Fig. 4 zeigt den radialen Transmissionsverlauf des Homogenisierungsfilters 6 im Zusammenwirken mit der Streuscheibe 9. Die Darstellung zeigt, daß die Transmission T in der Mitte des Homogenisierungsfilters 6, also beim Radius r_0 , ihren geringsten Wert hat und daß sie zu r_{\max} , dem Rand des Homogenisierungsfilters 6, hin ansteigt.

Fig. 5 zeigt eine Verteilung der Lichtintensität in der Leuchtfeldblendenebene 11 und damit auch in der dazu konjugierten Bildebene, die das erfindungsgemäße Homogenisierungsfiler 6 zu Fig. 4 in einem Beleuchtungsstrahlengang mit dem Intensitätsverlauf aus Fig. 3 erzielt. Diese Verteilung zeigt einen sehr homogenen Intensitätsverlauf über das gesamte Sehfeld, der durch das Einfügen des Homogenisierungsfilters 6 in der Nähe des Kollektors 5 und unter Ausnutzung der Streuscheibe 9 in der Aperturbblendenebene erzeugt wird. Der durch die Erfindung offenbarte Einsatz einer Kombination aus einem erfindungsgemäßen Homogenisierungsfiler 6 und einer Streuscheibe 9 und die Ausgestaltung der Merkmale ist nicht auf die durch die Beschreibung offenbarte Anwendung beschränkt. Vielmehr kann das neue Homogenisierungsfiler in Beleuchtungseinrichtungen gänzlich anderer Geräte, wie beispielsweise Projektionsgeräten oder Fotobelichtungsgeräten, eingesetzt werden.

Bezugszeichenliste

- 1 Lichtquelle
- 2 Beleuchtungsstrahlengang
- 3 optische Beleuchtungsachse
- 4 Lampenwendel
- 5 Kollektor
- 6 Homogenisierungsfiler
- 7 erstes Linsenglied
- 8 Aperturbblende
- 9 Streuscheibe
- 10 zweites Linsenglied
- 11 Leuchtfeldblendenebene
- 12 transparentes Substrat
- 13 lichtundurchlässige Flächelemente
- 14 mittiger Kreis
- 15 konzentrische Kreistriften
- 16 parallele Streifen

Patentansprüche

1. Homogenisierungsfiler (6) für ein optisches Strahlungsfeld eines Beleuchtungsstrahlengangs (2) in einem Mikroskop dadurch gekennzeichnet, auf ein transparentes Substrat (12) ein gleichmäßiges oder ungleichmäßiges Raster aus lichtundurchlässigen Flächelementen (13) aufgebracht ist.
2. Homogenisierungsfiler (6) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Anteil der mit Flächelementen (13) bedeckten Substratfläche und damit der Transmissionsgrad des Homogenisierungsfilters (6) in verschiedenen Flächenbereichen (14, 15, 16) des Homogenisierungsfilters (6) unterschiedlich ist.
3. Homogenisierungsfiler (6) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Anteil der mit Flächelementen (13) bedeckten Substratfläche von der Mitte des Homogenisierungsfilters (6) zu seinem Rand hin kontinuierlich radial abnimmt oder zunimmt.

4. Homogenisierungsfilter (6) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Anteil der mit Flächenelementen (13) bedeckten Substratfläche von der Mitte des Homogenisierungsfilters (6) zu seinem Rand hin in konzentrischen Flächenbereichen in Stufen radial abnimmt oder zunimmt. 5
5. Homogenisierungsfilter (6) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Anteil der mit Flächenelementen (13) bedeckten Substratfläche in einem streifenförmigen Flächenbereich größer oder kleiner ist als auf der übrigen Substratfläche. 10
6. Homogenisierungsfilter (6) nach den Ansprüchen 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß in den verschiedenen Flächenbereichen die Flächenelemente (13) unterschiedlich groß und nur innerhalb jedes einzelnen Flächenbereichs jeweils gleich groß und ihre Rasterabstände in allen Flächenbereichen gleich oder ungefähr gleich groß sind. 15
7. Homogenisierungsfilter (6) nach den Ansprüchen 3 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Homogenisierungsfilter (6) als Flächenbereiche einen mittigen Kreis (14) und umliegend konzentrische Kreisringe (15) und in diesen Flächenbereichen unterschiedlich große Flächenelemente (13) aufweist. 20
8. Homogenisierungsfilter (6) nach den Ansprüchen 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß in allen Flächenbereichen die Flächenelemente (13) gleich groß und ihre Rasterabstände in den verschiedenen Flächenbereichen unterschiedlich, jedoch innerhalb jedes einzelnen Flächenbereichs jeweils gleich groß sind. 25 30
9. Homogenisierungsfilter (6) nach den Ansprüchen 3 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Homogenisierungsfilter (6) als Flächenbereiche einen mittigen Kreis (14) und umliegend konzentrische Kreisringe (15) und in diesen Flächenelementen eine unterschiedlich große Dichte der Flächenelemente (13) aufweist. 35
10. Homogenisierungsfilter (6) nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß das Flächenverhältnis zwischen unbedampfter und bedampfter Substratfläche für jeden Ort auf dem Homogenisierungsfilter (6) und damit der lokale Transmissionsverlauf des Homogenisierungsfilters (6) auf lokale Inhomogenitäten des optischen Strahlungsfeldes des Beleuchtungsstrahlengangs (2) abgestimmt ist, so daß die Lichtintensität in einem zugeordneten Bildfeld homogen ist. 40 45
11. Homogenisierungsfilter (6) nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß es in einem Beleuchtungsstrahlengang (2) eines Mikroskops in der Nähe eines Kollektors (5) angeordnet ist und mit einer in der Aperturblendenebene angeordneten Streuscheibe (9) zusammenwirkt. 50
12. Verfahren zu Herstellung eines Homogenisierungsfilters (6) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Flächenelemente (13) durch Bedrucken oder Aufdampfen oder Sputtern aufgebracht sind. 55
13. Verfahren zu Herstellung eines Homogenisierungsfilters (6) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Flächenelemente (13) unter Verwendung einer gelochten Schablone aufgebracht sind. 60
14. Verfahren zu Herstellung eines Homogenisierungsfilters (6) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Flächenelemente (13) unter Verwendung einer photolithografisch erzeugten Schablone aufgebracht sind. 65

Fig. 1a

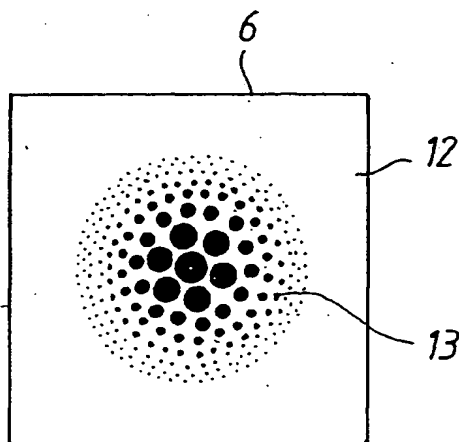


Fig. 1b

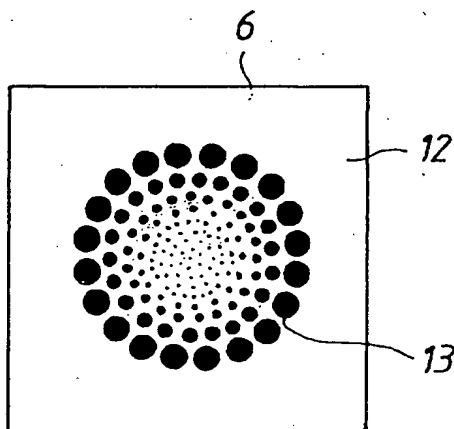


Fig. 1c

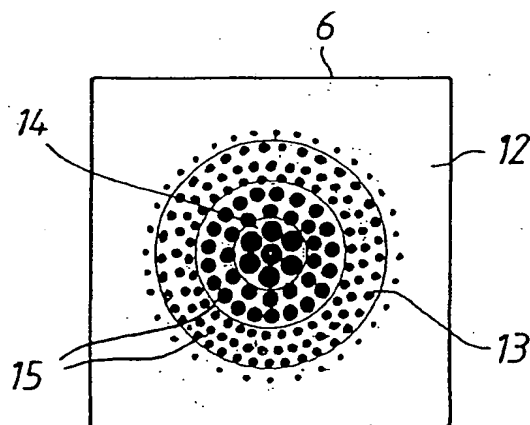


Fig.1d

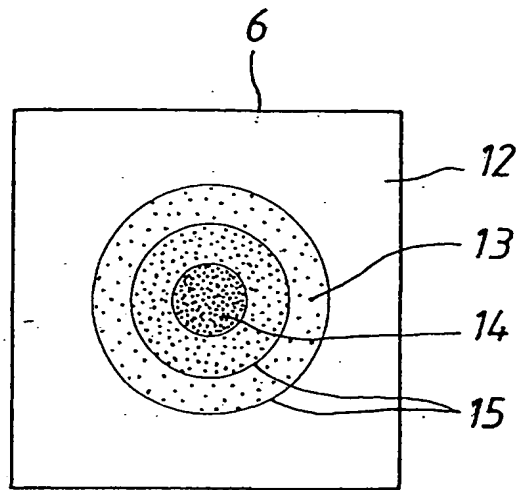


Fig.1e

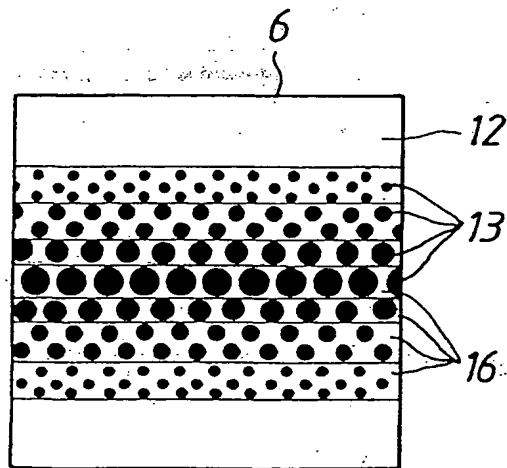


Fig. 2

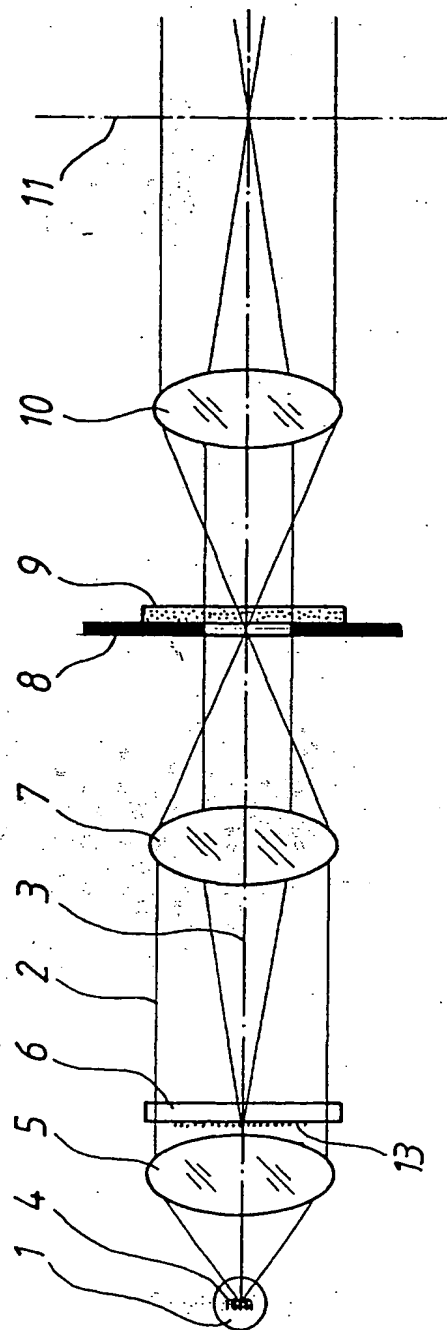


Fig.3

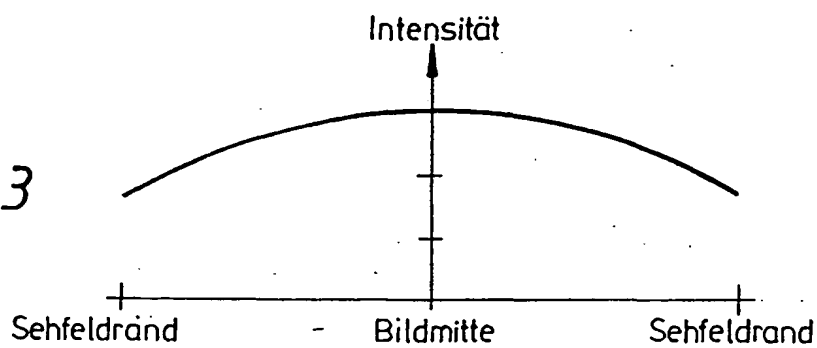


Fig.4

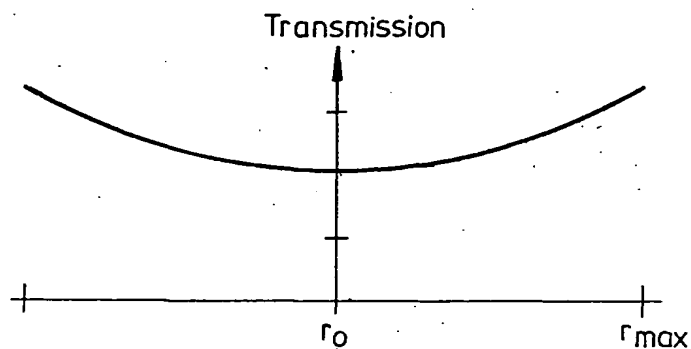


Fig.5

